



TITLE:

Significance of soil organic phosphorus for the maintenance of tropical rain forest ecosystems(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Yokoyama, Daiki

CITATION:

Yokoyama, Daiki. Significance of soil organic phosphorus for the maintenance of tropical rain forest ecosystems. 京都大学, 2019, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2019-01-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21470>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

| | | | |
|---|---|----|-------|
| 京都大学 | 博士（農学） | 氏名 | 横山 大稀 |
| 論文題目 | Significance of soil organic phosphorus for the maintenance of tropical rain forest ecosystems (熱帯降雨林生態系維持における土壌有機態リンの重要性) | | |
| (論文内容の要旨) | | | |
| <p>風化が進んだ熱帯土壌では、可溶性無機態リン濃度が低い一方、有機態リン（縮合型無機態リンを含む）の濃度は相対的に高く、これが樹木への主要なリン供給源となっている可能性がある。本研究では、ボルネオ熱帯降雨林の土壌有機態リンへの依存度を評価した。</p> <p>第1章では、土壌有機態リンの研究に関する既往研究を整理し、土壌有機態リンが多様な化学形態（画分）で存在することを指摘した。さらに、リン欠乏下にある植物や微生物が土壌有機態リンからリンを獲得しているのか、もしそうであればどの画分に強く依存しているのかは、未解明であることを指摘した。</p> <p>第2章では、ボルネオ島の堆積岩・蛇紋岩土壌に成立する低地熱帯降雨林において、土壌のリン化学組成を液体³¹P-NMRを用いて明らかにした。両土壌において有機態リン（縮合型無機態リンを含む）の画分として、モノエステル態リン（易分解性モノエステル態リン・フィチン酸を含む）、ジエステル態リン、ピロリン酸が検出された。両土壌で、モノエステル態リンが最も多く、抽出された全リンの約50%を占めていた。蛇紋岩ではピロリン酸、scyllo-イノシトール六リン酸（フィチン酸の一種）の濃度が高かった。ピロリン酸やフィチン酸は土壌への吸着能が高いこと、蛇紋岩土壌ではリンを強く吸着する鉄酸化物量が多いことから、これらの画分のリンは鉄酸化物に吸着し、土壌に蓄積していると考えられた。</p> <p>第3章では、第2章で分画された有機態リン4種（易分解性モノエステル態リン、ジエステル態リン、ピロリン酸、フィチン酸）に着目し、植物や微生物の上記4種の有機態リン分解能がリン欠乏に応じてどのように変化するかを明らかにした。ボルネオ島低地熱帯降雨林における窒素・リン施肥区から細根・土壌を採取し、4種のホスファターゼ（ホスホモノエステラーゼ、ホスホジエステラーゼ、ピロホスファターゼ、フィターゼ）の活性を測定した。リン施肥によって、細根のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ、フィターゼ活性は減少したが、ホスホジエステラーゼ活性には変化がなかった。同じく、リン施肥によって土壌のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ活性は減少したが、ジエステラーゼ、フィターゼ活性には変化がなかった。このことから植物や微生物はリン欠乏度の高まりに応じて、易分解性モノエステル態リン、ピロリン酸、およびフィチン酸といった特定の有機態リンの分解能を高めていることが示された。</p> | | | |

第4章では、第3章と同様に、リン欠乏度の高まりに応じて植物や微生物の上記4種の有機態リン分解能がどう変化するのか、ボルネオ島キナバル山のリン欠乏度の異なる9つの原生林を比較することによって明らかにした。リン利用効率が高くリン欠乏度の高い森林ほど、細根のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ、フィターゼ活性が増大したが、ホスホジエステラーゼ活性は変化しなかった。同じく、リン欠乏度の高い森林ほど、土壌のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ活性は増大したが、ホスホジエステラーゼ活性は変化しなかった。これらの結果は、第3章で示された結果と同様に、リン欠乏度の高い森林では、植物や微生物は易分解性モノエステル態リン、ピロリン酸、およびフィチン酸といった特定の有機態リンの分解能を高めることを示唆した。

第5章では、ボルネオ島キナバル山の9つの熱帯降雨林のリン循環をリン収支モデルによって評価し、植物・微生物の土壌有機態リン依存度を推定した。各森林の土壌リンプールに、リター・細根・微生物を通して年間に供給される有機態リン・無機態リンの量を評価し、さらに土壌リン現存量が動的平衡状態にあることを仮定することで土壌有機態リンの分解速度を推定した。植物・微生物による年間リン吸収量に占める、土壌有機態リン起源のリン量の比率を植物・微生物の土壌有機態リン依存度とした。9つの全ての森林で、微生物からのリン供給量は全リン供給量の94-97%を占めており、リター・細根によるリン供給量に比べて圧倒的に多かった。このことから、植物や微生物のリン獲得源は主に微生物に由来すると考えられた。また、全リン供給量を有機態リンと無機態リンの供給量に分けると、全ての森林で有機態リン供給量は全リン供給量の86-92%を占めていた。動的平衡状態のもとでは、この比率は植物・微生物の有機態リン依存度に一致するため、これらの森林において植物や微生物のリン獲得は土壌有機態リンの分解に強く依存することが示された。また、リン収支モデルから推定された土壌有機態リン分解速度は、低地林において非常に速く、低地林では土壌有機態リンが大量に分解され可給化されていることが示された。

第6章では、以上の結果を総合的に考察した。可給態無機態リンの量が少ない風化土壌上で熱帯降雨林が高い生産性を維持するメカニズムの一つとして、微生物を通じて大量の有機態リンが土壌に供給され、それが分解・可給化されることで、樹木の高いリン獲得が達成されている可能性を提示した。この土壌有機態リンの分解速度の速さは、植物や微生物によるホスファターゼへの投資と関係していることを指摘した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

リンは生物の必須元素で、不足すると森林の生産を制限しうる。風化の進んだ土壌では、可給態無機態リンが少なく、土壌リンの大半を難分解性の吸蔵態リンと有機態リンが占める。そのような土壌に成立する熱帯降雨林がなぜ高い純一次生産速度を維持できるのか、そのメカニズムの解明は生態系生態学の大きな課題であった。本研究は、リン供給源としての土壌有機態リンの重要性に着目し、熱帯降雨林生態系の樹木や土壌微生物の土壌有機態リンへの依存度を評価した。本研究の評価できる点は、以下の通りである。

1. ^{31}P -NMRを用いて低地熱帯降雨林土壌のリンを分画し、主要な有機態リン要素としてモノエステル態リン、ジエステル態リン、フィチン酸、および縮合型無機態リンとしてピロリン酸が多く存在することを示した。

2. 以上の4つの有機態リン画分（縮合型無機態リンを含む）を分解する細根酵素活性のリン欠乏への応答をリン施肥実験及び森林間の比較研究によって調べ、リン欠乏度が高まるにつれ、モノエステル態、ピロリン酸およびフィチン酸の分解酵素活性が有意に増大することを示した。一方、ジエステル態の分解酵素活性には変化が無かった。以上から、リン欠乏度の高まりに応じて、樹木はジエステル態以外の土壌有機態リンの分解能力を高めて、リンを獲得していることを明らかにした。

3. リン収支モデルを作成することにより熱帯降雨林生態系のリン循環を評価し、土壌へ1年間に供給される全リンの94～97%が土壌微生物起源であることを示した。また、樹木や土壌微生物が1年間に獲得するリンの86～92%が有機態リン起源であることを示した。

以上のように、本論文は、熱帯降雨林生態系の土壌有機態リンへの依存度を初めて定量的に明らかにするとともに、土壌有機態リンの画分毎の分解特性も解明したものであり、森林生態学、生態系生態学、生物地球化学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年12月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)